

交通运输

冲击压实技术在山区旧水泥砼路面修复中的应用

李晓华

(华南理工大学土木与交通学院, 广州 510640)

摘要 冲击压实机是一种高冲击能量的压实机械,通过破裂稳固混凝土路面,使旧路面形成嵌锁型结构,成为新铺路面的垫层或底基层。结合省道 S249 线坪乳公路改造工程,简要介绍了冲击压实机的工作原理,冲压施工工艺,重点对沉降效果和破裂块度进行了分析,并指出了当前冲压检测方法存在的问题。

关键词 冲击压实 施工工艺 沉降分析 破裂块度

中图分类号 U416.216; **文献标志码** A

坪乳公路全长 78.2 km,此路段平均海拔为 (400~800)m,地势险要,山高谷深,为多雾及多霜冻路段。考虑到本项目大部分路段所处位置为山区,并且路边建筑物不多,十分有利于采用冲击压实机破裂稳固旧板,这不仅避免了挖除大量旧板后无处弃置的弊端,而且在打碎旧板的同时,其下的土基也得到了补充压实。

冲击压实机是一改传统的拖式光轮压路机的圆形光轮为多边形的压实机械,利用多边形钢轮行走时反复升落,将巨大的冲击能量[(15~30)KJ]作用于路面,其基本原理是:巨大的冲击能量使旧板向下位移,或使旧板破裂的同时向下位移,并与原基层逐渐密贴,消除板底脱空。根据文献[1,2],冲击压实技术的特点总体可以概括为:①低频高振幅;②冲击能量大,影响深度可达 5 m;③压实效果好,施工速度快,平均时速为 (10~14) km/h,压实面积高达 2 000 m²/h;④环境污染少,经济效益明显。

1 施工工艺

1.1 施工准备

冲压前做好交通安全工作,测量路面冲击压实

前弯沉;布置沉降观测点,测量冲压前路面高程;进行路况调查,记录冲击压实前水泥混凝土路面状况,一般按旧水泥混凝土板块病害严重程度分为 5 类:完好无脱空、完好但有脱空、有 (1~3) 条裂缝、有交叉裂缝、碎裂沉陷。

在冲压前,必须对冲击压实敏感的构造物,如挡土墙、半填半挖填方部分、光缆埋设处、路边民宅、涵洞等进行现场勘测,确定相应施工工艺,并在相应构造物处用醒目标识标注、立旗、派人旁站。冲击压实施工时,在施工两端设置施工提醒标志,并有专人维护交通,以防冲压机械逆向行驶时与路面车辆发生交通事故。

1.2 施工方法

(1) 冲压路线:冲击压实施工时,冲击压实机从路面两边开始击实,以在路肩处形成压实的土墙,然后依次向里交错套压,进行横向相邻路面的冲击压实,全幅路面冲压一遍后,再进行下一轮的全幅路面的冲击压实。严禁在填方路段某一断面范围内进行连续累计压实。

(2) 冲压控制:对于全填全挖路段,冲击压实质量控制采用冲击遍数和破碎平均粒径双控指标,冲击遍数控制在 15~20 遍,破碎粒径不宜过小,应以板块稳固为主,平均破碎范围粒径 (30~50) cm。冲击压实机正常行驶速度 (10~11) km/h,前 5 遍冲压

2009 年 8 月 18 日收到

作者简介:李晓华 (1986—),男,湖南人,华南理工大学土木与交通学院研究生。E-mail:lixiaohua14@163.com。

主要是对水泥混凝土板块破碎,选择(7~9) km/h 速度可以产生最佳破碎效果。

(3) 特殊路段处理:如在冲压过程中发现局部路段出现“弹簧”现象,应停机检查,在确认为弹簧层后,应把整层挖除,然后回填碎石,找平后用传统压实机具分层压实,再用冲压机械补压,以避免与非挖填段之间产生差异沉降^[3]。

2 路面沉降控制分析

冲击压实技术处理旧水泥混凝土路面的最突出优势就是,将破裂、稳固旧板两道工序合二为一。由于冲击力是向下作用,必然在将旧板破裂的同时,使破裂板块向下位移并密贴到旧基层顶面,消除了板块与基层之间的脱空现象,因此,现场判断冲击压实效果的一个非常重要的指标就是沉降稳定,判断稳定的标准就是最后 2 遍的平均沉降量不超过 5 mm,或者其平均沉降量为总沉降量的 5%~10%。

根据以往工程实践经验,结合试验路的检测方案和施工现场情况,对所选取的试验路每隔 20 m 取一个断面进行标高测量,测量时机为冲击压实前和冲击压实 5 遍、10 遍、12 遍、14 遍、16 遍等,选取两段试验路,分析路面板的沉降量。

表 1 试验路 1 左幅冲击压实不同遍数的总沉降(m)

机号	遍数				
	5	10	12	14	16
K12+420	0.008	0.007	0.012	0.013	0.013
K12+440	0.028	0.034	0.036	0.040	0.043
K12+460	0.002	0.013	0.013	0.016	0.016
K12+480	0.003	0.006	0.016	0.023	0.023
K12+500	0.013	0.019	0.028	0.030	0.032
K12+520	0.010	0.010	0.012	0.025	0.024
K12+540	0.004	0.010	0.018	0.032	0.031

试验路沉降观测分析结果如表 1~表 2 和图 1~图 2 所示。

由沉降差统计表 1 和图 1 可知,试验路 1 冲击压实 16 遍时,路面沉降已经很小,即沉降已经收敛。此时破裂板块已与基层紧密接触,对旧基层及路基一定深度范围的补压也基本完成。结合路面状况

可知,K12+500 附近冲击压实施工前路面破损严重,已经破坏成 10 块以上,属需换填板块。

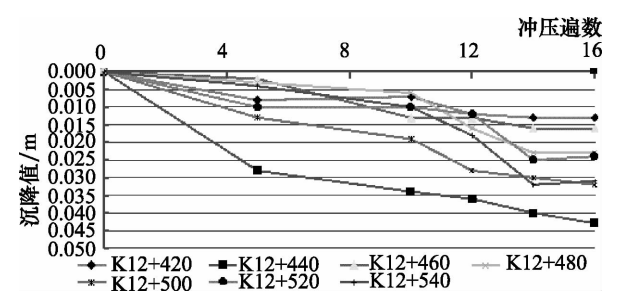


图 1 冲击压实后总沉降变化图(试验路 1, 左幅 K12+420~K12+540)

由沉降差统计表 2 和图 2 可知,试验路 2 冲击压实 12 遍~14 遍时,路面沉降已经很小(平均沉降为 1 mm 左右),即沉降已经收敛。试验路 2 尝试了冲击压实到 27 遍,观测路面沉降和路面板的破裂情况,以观测沉降收敛后,继续冲击压实对路面和路基的影响。经过检测,冲击压实到 27 遍时,平均沉降为左幅 6 mm、右幅 7 mm,最大沉降为 17 mm。冲击压实 14 遍至 27 遍时的沉降速率约为 0.5 mm/遍,压实效果不明显。

表 2 试验路 2 冲击压实不同遍数的总沉降(m)

机号	遍数				
	5	10	12	14	16
K13+680	0.019	0.027	0.025	0.026	0.029
K13+700	0.000	0.007	0.007	0.008	0.023
K13+720	0.007	0.014	0.014	0.015	0.015
K13+740	0.013	0.018	0.019	0.021	0.024
K13+760	-0.005	0.004	0.008	0.008	0.025
K13+780	0.002	0.007	0.010	0.011	0.013
K13+800	0.003	0.003	0.005	0.008	0.011

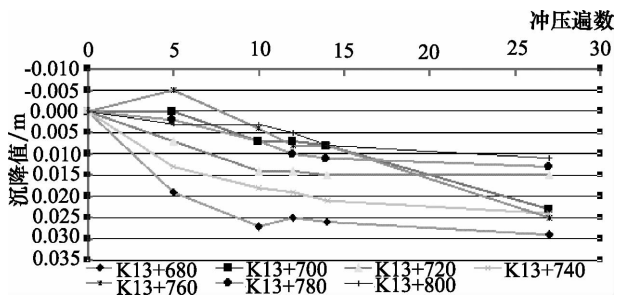


图 2 冲击压实后总沉降变化图 (试验路 2,左幅 K13+680~K13+800)

综合实验数据及图表,参考文献[4,5]可以将沉降曲线加以归纳总结,得到沉降曲线的三种类型:

(1)出反弹缓变型:这种特征的曲线对应的测点大部分位于挖方路段,如 K13 + 760 处,由于路基为石质路基,压实性状良好,由于压实机械冲击路面产生的应力波往返反射,反而使已被碾碎的路面层松动,由此导致少许反弹,继续压实后将产生少量沉降变形。

(2)陡降缓变型:这种特征的曲线对应的测点大部分位于填方路段,如 K13 + 680 处,原路堤欠压实或存在病害。由于水泥混凝土路面板被打裂,扩散作用减弱,沉降骤增,产生突变陡降。随着冲压遍数的进一步增加,沉降变化趋于平缓。

(3)线性沉降型:这种特征的曲线对应的测点大部分位于原来路堤压实正常的路段,介于前两种情况之间,随着击实遍数的增加,路堤密实度逐渐增加,沉降与冲压遍数近似线性关系。

3 破碎块度控制分析

试验路板块破裂情况比较复杂,但冲压控制应使面板破碎成 50 cm 左右的板块,各板块之间相互嵌锁,不应过度破碎松散。根据不同的情况,有不同的分类,以下是根据原路面情况作出的简单分类。

3.1 完整板块

四周支承较好的板块,冲击压实前 5 遍不出现裂缝;冲击压实 10 遍、12 遍、14 遍、16 遍后,出现间距约(0.8 ~ 1.5) m 的纵向裂缝,裂缝短、细、少,洒水后可见;没有出现错台、板角断裂等现象。在无裂缝处钻取芯样,芯样完整。



图 3 短小裂缝



图 4 短小裂缝边缘破碎处钻取芯状况

部分板块表面出现 1 m 以内长的短小裂缝,如图 3 所示,裂缝局部有破碎情况。钻芯取的芯样表层 10 cm 范围内破裂,如图 4 所示,以下则毫无影响,说明这些裂缝是由上往下发展的,冲击力只将表面冲碎,没有影响路面板全厚,路面板的表面破碎并不说明下面也彻底失去结构性。

3.2 脱空板块

四周支承较好的板块,冲击压实前 5 遍仅出现微小裂缝并出现沉降;冲击压实 10 遍、12 遍、14 遍、16 遍后,出现间距约(0.8 ~ 1.0) m 的纵向裂缝,每块板有 1 ~ 2 条裂缝贯穿板长,沉降比较明显,如图 5。

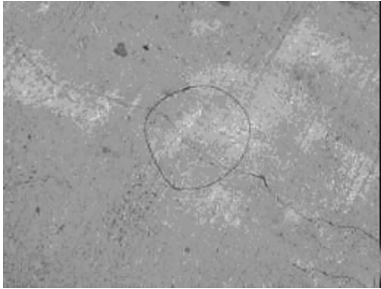


图 5 板块出现发裂



图 6 发裂处芯样状况

原板块间已经轻微错台,说明原基础薄弱或已经有脱空及沉陷,因而冲击压实后出现明显的纵向裂缝。随着冲击压实遍数增加,板块产生较大沉

降,消除脱空。在裂缝处钻芯取样,发现裂缝已经贯穿整个芯样,发展到某个纵深时裂缝也有横向和斜向发展,如图 6 所示。

3.3 破裂板块

出现裂缝的板块一般是由于板下基础较弱,初始冲击压实(5 遍)均在原有裂缝基础上发展成网状裂缝或生成新的裂缝,有些破裂明显,缝距约(30 ~ 50) cm,如图 7 所示;冲击压实 16 遍后,网状破裂加剧,缝边缘处甚至粉碎性破裂,如图 8 所示,这种类型的板块冲击压实 16 遍以内即可达到较好的破裂效果。



图 7 网状破裂



图 8 网裂处芯样状况

3.4 破碎板块

已破碎成 10 块以上、且发生严重沉降的板块,再次冲击压实只是将原有大块击碎成更小尺寸。冲击压实后部分破碎板块产生 10 cm 以上的沉降,嵌入基层,进一步破坏基层和土基。在局部路段或基础较差处有可能产生弹簧土现象。这种类型的旧水泥混凝土板必须进行换填。

试验路段内部分破碎严重混凝土板曾使用沥青混凝土罩面,罩面层的厚度一般都大于 2 cm,如图 9 所示。冲击压实施工时,柔性的沥青层吸收了冲击能量,无法实现冲击压实的效果。因此在冲击压实施工前必须清除表层大于 2 cm 的沥青混凝土罩面层。



图 9 沥青混凝土罩面板块

4 冲击压实检测方法

4.1 弯沉检测

回弹弯沉值是国内外普遍采用的一种表示路基路面刚度的指标,也间接反映了路基路面的强度。回弹弯沉值越大,承载能力越小,反之承载能力越大。

冲击压实后旧砼路面的弯沉值(采用贝克曼梁测试)普遍较冲击压实前要大,但数据值大小较冲击压实前更为均匀。实践表明,旧砼路面冲击压实后弯沉值的大小与旧砼路面下基础的有无、土壤类型、含水量及工程地质环境等相关。通过对本路段的检测分析,冲压前非断裂水泥混凝土板弯沉值一般均在 10(1/100 mm)以内,冲击压实后路面弯沉值普遍增大,但稳定在某一值附近,一般在 30(1/100 mm)以内。

总体上,在经过冲击压实后原路面板的整体性被破坏,路基路面的综合承载能力有大幅度的降低,因此,为了使原路面作为新加铺层路面的结构层之一,有必要使其保留一定的残余承载能力,所以旧路面板不宜过于破碎^[6,7]。

4.2 回弹模量检测

采用经典的承载板试验测定冲击压实后旧混凝土板表面回弹模量。由于冲击压实后最直接的表现就是旧水泥混凝土路面板的破裂,而破裂的程度会间接地定性反映冲击压实后旧路面的整体承载能力。因此在选择测点时,尽可能考虑到各种破裂状况。

通过对检测结果的分析总结,可以得到如表 3 的结论。

表 3 面板不同的破裂程度对路面承载能力的影响

冲压后路面板块的破裂程度	回弹模量值 /MPa
破裂块度在(80~150) cm 范围或仅出现少数微小裂缝	大于 1 000
破裂块度在(40~80) cm 范围或局部出现块度较小的破裂	300~800
破裂块度一般为 40 cm 以下,局部出现粉碎性破裂	200~600
面板破碎严重,面板强度完全丧失整体性	应进行换填

采用承载板试验测试冲击压实后水泥混凝土路面的回弹模量是可行的、可靠的^[8],旧水泥混凝土板冲击压实后板顶回弹模量基本可保证在(300~800) MPa 以上或更高,可满足加铺路面结构层对下承层承载能力的要求。

5 结语

- (1) 通过设置有代表性的试验段来确定合理的冲压遍数,有利于提高压实效率,降低成本费用。
- (2) 理想的破裂块度为 50 cm 左右,此时板块之间由于存在斜向交错的裂缝而具有一定的嵌锁作用,既能消除板块的竖向位移,将旧板稳固到土基上,又使旧板保持一定的整体性。
- (3) 在现行路面设计理论中,对弯沉的检测作了一些基本假设,如路面各层由均质的、各向同性的弹性材料组成等。由于土基和几乎所有路面材料都不是均质的、各向同性的弹性体,因此用弯沉

测定车实测得到的回弹弯沉值数据的离散性必然很大,由于回弹弯沉值的绝对值较小,因此这种影响是不能忽视的,所以采用弯沉来评价破裂后混凝土路面的承载能力主要起辅助作用,不宜硬性作为质量控制标准。

(4) 回弹模量较弯沉能更全面地描述地基的承载能力,但是也存在实验工作量大、周期较长、测点有限、离散性大等局限。

参 考 文 献

1 苏卫国,汪益敏. 冲击压实技术在修复旧水泥砼路面工程中的应用. 华南理工大学学报,2000;(6):85—89

2 交通部公路科学研究院. 公路冲击碾压应用技术指南. 北京:人民交通出版社,2006

3 晋枫春,吴雄飞,苏卫国,等. 冲击压实破碎稳固旧水泥混凝土路面质量控制. 公路,2008;(7):157—160

4 胡昌斌. 冲击压路机破碎改建旧水泥混凝土路面技术. 北京:人民交通出版社,2007

5 苏卫国,卢 辉. 旧水泥混凝土路面应用冲击压实技术后的裂缝和沉降效果分析. 中外公路,2004;(2):65—68

6 曾凡奇,张四伟,程 霞. FWD 和贝克曼梁在路面检测中的相关关系分析. 公路,2001;(9):131—134

7 孙立仁. 回弹弯沉值能否作为控制施工质量的检测指标. 公路,1994;(3):13—17

8 苏卫国,卢 辉. 冲击压实后旧水泥混凝土路面作为垫层及其回弹模量的试验研究. 公路,2004;(11):72—75

Research on the Application of Impact Compaction Technology in Rehabilitating Engineering of Mountainous Old Cement Concrete Pavement

LI Xiao-hua

(College of Civil Engineering and Transportation, South China Univ. of Tech., Guangzhou 510640, P. R. China)

[Abstract] Impact compactor is a compaction machinery with high impact energy, which cracks the old cement concrete pavement to form a interlocking structure and be the cushion or sub-base of the new pavement. Combined with the S249 Pingru provincial road innovation project, a brief introduction is given about the working principle of impact compactor, the construction technology of impact compaction, makes typical analyses on the effect of the settlement, and puts forward the existing problems of detection methods of impact compaction.

[Key words] impact compaction construction technology settlement analysis fracture block size